2021 年普通高等学校招生全国统一考试

绝密

试 卷 袋

试卷科目 理科综合　　　　试卷分数 300

考场信息	1. 北京 市 西城 县（市、区） 2. 长安街 考点 中南海 考场 3. 考试时间: 2021 年 6 月 4 日 14 时 00 分到 16 时 00 分 4. 本考场应到考生 64 人，实到考生 64 人 5. 监考员签名 习近平 考点主任签名 江泽民
注意事项	1. 闷声做大题，这是坠吼的。 2. 没有金科绿玉的教科书，只有颐使气指的教师爷。 3. 别看你今天闹得欢，小心今后拉清单。 4. 不要作弊，运气好你不出事，一出事那就倒大霉。一旦出事了，这个帐全给你拉出来了。 5. 不要干这种事情，头上三尺有监控，一定要有敬畏之心。

膜 乎 地 区 教 育 考 试 院

学校＿＿＿＿ 班级＿＿＿＿ 姓名＿＿＿＿ 准考证号＿＿＿＿ 座位号＿＿＿＿

密 封 线

2021 年普通高等学校招生全国统一考试

理科综合能力测试（膜乎卷）

注意事项：

1. 答题前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑，如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上，写在本试卷上无效。
3. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16 Mg 24 Si 28 S 32 Cl 35.5 Cu 64 I 127 Hf 178

一、 选择题：本题共 13 小题，每小题 6 分，共 78 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 以下选项，哪种温度最高?

A. 热锅上的蚂蚁

B. 哪怕烈火焚身，也岿（音 kui）然不动

C. 沼气灶上冒出一尺高的火焰

D. 温暖一下子传遍全身

> **解：**
>
> - 油锅最高温度是 240℃。
> - 烈火焚身岿然不动指的是邱少云遭遇的凝固汽油弹，二战期间凝固汽油弹燃烧后的温度是 850℃。
> - 沼气是一种易燃易爆的气体。一遇上火就会剧烈燃烧，而且燃烧温度很高，可以达到 1200℃。
> - 人类发烧史上最高温是 46.5℃。

2. 维尼病毒是在 P4 实验室中合成的一种冠状病毒，感染人体后可引起智力下降、念错字、满脸喷粪等症状，并经空气传播感染他人。控制此病毒感染症状的结构是：

A. 病毒包膜　　B. 衣壳　　C. S 蛋白　　**D. RNA**

> **解：**
>
> RNA 是病毒的遗传物质，决定了感染症状。

3. “温暖一下子传遍全身”遵守以下哪个定律?

A. 热力学第零定律　　B. 热力学第一定律　　**C. 热力学第二定律**　　D. 热力学第三定律

膜乎考试院 mohu.rocks

解:

热力学第二定律的克劳修斯表述：在孤立系统中，不可能把热量从低温物体传递到高温物体而不产生其他影响。热量只会自发从高温物体传到低温物体。

4. 下列选项可以形成稳定物质的是：

A. Th、O　　B. Li、Kr、-OH　　**C. Pt、Sn、Re**　　D. T、Pr

解:

Pt、Sn、Re 可以形成合金，其他选项要么有稀有气体无法反应，要么有放射性，不能稳定存在。

5. 在疯狂宇宙中的维尼星上，有液态氯形成的小河，以及固态氢形成的小山。在这些小河小山中，存在哪种化学键?

A. 离子键　　B. 共价键　　**C. 金属键**　　D. 回车键

解:

因为氯水氢山就是金山银山。金银又是金属，所以是金属键。

6. 著名两栖类生物学家江蛤蟆在中南海的小池塘游泳时，偶然发现了一种未曾见过的生物。江蛤蟆戴上黑框眼镜仔细观察，发现此生物可以满脸喷粪。见得多了的江蛤蟆立马知道了这种生物的分类。这种生物最有可能是以下哪种分类?

A. 两栖类　　**B. 腔肠类**　　C. 爬行类　　D. 人类

解:

只有腔肠类动物的嘴和肛门并用，符合“满脸喷粪”这一设定。

7. 以下说法中，正确的一项是：

A. PM250 就是指直径小于 250 纳米的可吸入性颗粒物，洋文是 particle matter 250

B. 打铁还需自身硬，因此如果能成功打铁，就说明自身的莫氏硬度比铁高

C. 导气管一捅开溅得满脸喷粪，是因为导气管里的压力高于大气压力

D. 扛两百斤麦子走过山路时，直接给肌纤维供能的机制是 ADP 水解成 ATP

解:

- PM250 是指直径小于 250 微米的可吸入性颗粒物。
- 莫氏硬度的判断是通过划痕而不是敲击，物质经受敲击的性质属于延展性。
- ATP 水解成 ADP 才是细胞供能的机制。

8. 2012 年 6 月 30 日的深夜，在 6 月 30 日 23 时 59 分 59 秒之后，全球都在这一刻加了 1 秒（+1s），出现一个“不存在”的数字——23:59:60，导致 Reddit 等许多网站出现故障。关于闰秒，以下说法错误的是：

膜学考试院 mohu.rocks

A. 闰秒只会增加不会减少

B. 地球的自转不是固定的，难以准确衡量时间

C. 地球的自转主要受到月球潮汐的影响

D. 原子时以铯原子钟为基准，与地球自转出现较大偏差就会产生闰秒

解:

当地球的自转加快时，可能会出现负的闰秒（-1s）。

9. 某种植物病毒 V 是通过稻飞虱吸食水稻汁液在水稻间传播的。稻田中青蛙数量的增加可减少该病毒在水稻间的传播。下列描述正确的是:

A. 病毒 V 与青蛙是捕食关系

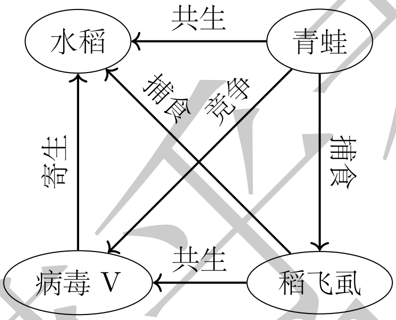
B. 水稻和病毒 V 是竞争关系

C. 青蛙与稻飞虱是寄生关系

D. 水稻与青蛙是互利共生关系

解:

它们之间的关系如下:



10. 如何彻底清洗细颈瓶?

A. 先用蜂蜜把瓶子装满，然后交给某种动物

B. 用罗马尼亚棉球擦

C. 用试管刷突开

D. 不洗了，睡大觉

解:

只有用罗马尼亚棉球（习奥塞斯库）才能彻底清洗细颈瓶，其他方法均不彻底。

11. 沼气是衣民主要使用的能源之一。以下不是沼气成分的是:

A. CH_4 B. H_2S **C. NH_3** D. CO_2

座位号______ 准考证号______ 姓名______ 班级______ 学校______

线 封 密

mohu.rocks

解:

由于蛋白质分解一般生成H_2S，沼气中不含NH_3。

12. 习近平在地球上能够扛 100kg 麦子走 5km 山路，现假设在火星上有相同的山路，已知火星的质量约为地球质量的 11%，半径约为地球半径的 53%，只考虑克服重力所做的功。那么习近平在火星上能够走多少 km 的山路?

A. 5　　B. 10　　**C. 12.5**　　D. 25

解:

根据万有引力公式 $g = \frac{MG}{R^2}$，火星的重力约为地球的 40%，在其他条件相同的情况下，习近平在火星能够扛 100kg 麦子走 $5/0.4 = 12.5$ km 山路。

13. 下列化学方程式正确的是:

A. 氯水氢山就是金山银山：$Cl_2 + H_2O + 3\,H_2 \longrightarrow 3\,Au + 3\,Ag$

B. 工业制取青蛙：$4\,Fr + 3\,O_2 + 4\,Hg = 4\,Frog + 2\,H_2O$

C. 推倒铜墙铁壁：$8\,HNO_3 + Cu = Cu(NO_3)_2 + 4\,NO\uparrow + 4\,H_2O$

D. 沼气灶上冒出一尺高的火焰：$\mathbf{CH_4 + 2\,O_2 =}$ 点燃 $\mathbf{2\,H_2O + CO_2}$

解:

前两个化学方程式不是真实存在的，第三个化学方程式没有配平。

二、　选择题: 本题共 8 小题，每小题 6 分，共 48 分。在每小题给出的四个选项中，第 14~18 题只有一项符合题目要求，第 19~21 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

14. 乳酸是一种有机酸，以下选项不涉及乳酸的是:

A. 制作酸奶　　B. 细胞无氧呼吸　　**C. 乙醇脱氢氧化**　　D. 乳糖发酵

解:

乙醇脱氢氧化生成乙酸。

15. 在制作包子的过程中，需要用到酵母来发酵。下列选项错误的是:

A. 酵母菌是真菌，且属于子囊菌类，拥有细胞核、细胞器、细胞膜和细胞壁。

B. 酵母菌没有成型的核膜，是原核生物，只有核糖体一种细胞器。

C. 和面过程中面团与空气接触，酵母菌此时主要进行的是有氧呼吸。

D. 发酵时间过长的面团口感会偏酸，这是因为发酵过程中产生了大量丙酮酸和酒精。

膜乎考试院 mohu.rocks

座位号______ 准考证号______ 姓名______ 班级______ 学校______

……密……封……线……

> **解:**
>
> 酵母菌是真菌，属于真核生物。

16. 红（fong）外测温仪在控制新冠肺炎疫情中发挥重要作用。下列描述不正确的是:

A. 一切高温物体都会发射红外线

B. 红外线的波长范围是 760nm～1μm 之间

C. 猫头鹰在晚上能看清东西，是因为它能看到红外线

D. 红外测温仪与体温计的工作原理不同

> **解:**
>
> 所有物体都发射红外线，高温物体的红外辐射比低温物体的红外辐射强。

17. 细胞进行胞吞和胞吐，以下说法正确的是:

A. 胞吞和胞吐是协助扩散

B. 胞吞和胞吐需要载体蛋白帮助

C. 胞吞和胞吐需要细胞膜两侧有浓度差

D. 胞吞和胞吐由囊泡与细胞膜融合来完成

> **解:**
>
> 胞吞和胞吐属于主动运输，需要在细胞膜形成囊泡来运输，与细胞内外的浓度差无关。

18. 以下关于氢碘酸 (HI) 的描述，错误的是:

A. HI 的酸性和氧化性比 HCl 强

B. 生成 HI 的反应是可逆反应

C. HI 能与空气反应

D. 可以用其他卤素置换 HI 得到氢卤酸

> **解:**
>
> - HI 的氧化性比 HCl 弱。
> - $H_2 + I_2 \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2\,HI$ 是可逆反应。
> - HI 能与空气中的 O2 反应：$4\,HI + O_2 = 2\,I_2\downarrow + 2\,H_2O$。
> - $X_2 + 2\,HI = 2\,HX + I_2\downarrow$，其中 X = F、Cl、Br。

19. 在生物实验中，经常要分离细胞膜和细胞质，以下可以分离的操作是:

A. 将标本放入低渗溶液，使细胞大量吸水涨破后静置，再通过分层离心法筛出细胞膜。

B. 将标本放入高渗溶液，使细胞大量吸水涨破后静置，再通过分层离心法筛出细胞膜

膜乎考试院 mohu.rocks

C. 将标本放置在丙酮溶液中静置，待细胞壁完全溶解后加入二氧化硅研磨，再通过分层离心法筛出细胞膜。

D. 使用冷却提取液在液氮冷却环境下将标本充分研磨，使细胞壁结构遭到破坏后静置，再通过分层离心法筛出细胞膜。

> **解:**
>
> 分离细胞组分的方法包括把细胞放入清水或低渗溶液涨破细胞，对于植物细胞可以用液氮的低温环境破坏细胞壁，然后用离心机分离细胞膜和细胞质。丙酮具有脂溶性，会破坏磷脂双分子层结构。

20. “疯狂宇宙”是一个与我们所在宇宙有很大差别的平行宇宙，在疯狂宇宙中，仍然有效的物理定律是：

A. 牛顿运动定律

B. 热力学基本定律（包括质能守恒定律）

C. 麦克斯韦方程组

D. 相对性原理

> **解:**
>
> 根据“大海掀翻小池塘”，疯狂宇宙不符合牛顿运动定律。

21. 以下现象属于内循环的是：

A. 三羧酸循环　　B. 卡诺循环　　**C. 卡尔文循环**　　D. 碳循环

> **解:**
>
> 三羧酸循环和卡尔文循环分别是动物细胞有氧呼吸和植物光合作用的重要部分，完全在生物体内进行，其他循环都与外部环境有联系。

三、　非选择题：共 174 分，第 22~32 题为必答题，每个试题考生都必须作答。第 33~38 题为选考题，考生根据要求作答。

（一）　必考题，共 129 分。

22. （5 分）　集合 A 的元素满足 $(a*b*c)(100a+10b+c)$，其中 $a>b>c$ 且都是正整数，则集合 A 的范围为 <u>$[1926,\infty)$</u>。若集合 B 同样满足此条件，但 $a>b>c\leq 0$，则 $A\bigcap B$ 的范围为 <u>　　$\emptyset$　　</u>。

> **解:**
>
> 由 $a>b>c$ 且都是正整数，最小的取值为 $a=3,b=2,c=1$，代入 $(a*b*c)(100a+10b+c)$ 可得最小值 $(3*2*1)(100*3+10*2+1)=6*321=1926$，因此集合 A 的范围为 $[1926,\infty)$。集合 B 最小的取值为 $a=0,b=-1,c=-2$，最大值为 0，因此 $A\bigcap B=\emptyset$。

座位号 ________ 准考证号 ________ 姓名 ________ 班级 ________ 学校 ________

23. （12 分） 法国著名微生物学家巴斯德设计了“鹅颈瓶实验”，下图是实验中使用的仪器——鹅颈瓶。

（1） 煮沸的肉汤在鹅颈瓶中放了很久也岿（音 kui）然不动，没有变质，证明了食物的发酵和腐败由空气中的 __**细菌**__ 引起。

（2） 用鹅颈瓶而不是广口瓶做这个实验是因为 __**细菌难以通过歪脖子的瓶颈**__。

（3） 日常生活中，根据相同原理贮存食物的物品有 __**罐头**__。

（4） 这种防止细菌生长的方式属于 __**物理**__ （填“物理”、”化学“或“生物”）抑菌法，类似的抑菌杀菌方法有 __**高温消毒**__ 和 __**紫外线**__。

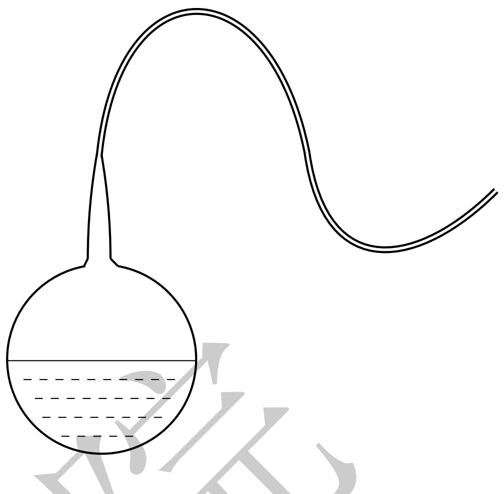


图 1: 鹅颈瓶

解:

鹅颈瓶通过密封的方式来隔绝细菌。填写密封容器均可给分。

24. （12 分） 沙子的主要成分是SiO_2，是制备单晶硅的原料。

（1） 在含有SiO_2 的物质中，属于晶体的有 __**水晶**__ __**石英**__，属于非晶体的有 __**波浪**__。

（2） 盛放NaOH 溶液的试剂瓶不能使用玻璃塞子，因为 __**玻璃的主要成分会与NaOH 反应粘住瓶塞**__。

（3） 由SiO_2 制备H_2SiO_3 的化学方程式为 $\mathbf{2\,NaOH + SiO_2 = Na_2SiO_3 + H_2O}$ $\mathbf{Na_2SiO_3 + 2\,HCl = 2\,NaCl + H_2SiO_3}$。

25. （12 分） 维尼细胞有 4 对染色体，其中 2、3、4 号为常染色体。已知扛 200 斤麦子/扛 100 斤麦子的基因位于 2 号染色体上，不换肩/换肩的基因位于 3 号染色体上。某小组用一只无喷粪扛 200 斤麦子不换肩雌维尼与一只有喷粪扛 200 斤麦子不换肩雄维尼杂交，杂交子代的表现型及其比例如下:

喷粪	性别	扛 200 斤麦子不换肩: 扛 100 斤麦子不换肩: 扛 200 斤麦子换肩: 扛 100 斤麦子换肩
1/2 有喷粪	1/2 雌	9:3:3:1
1/2 有喷粪	1/2 雄	9:3:3:1
1/2 无喷粪	1/2 雌	9:3:3:1
1/2 无喷粪	1/2 雄	9:3:3:1

（1） 根据杂交结果，__**不能**__（填“能”或“不能”）判断控制维尼有喷粪/无喷粪性状的基因是位于 X 染色体还是常染色体上，若控制有喷粪/无喷粪性状的基因位于 X 染色体上，根据上述亲本杂交组合和杂交结果判断，显性性状是 __**无喷粪**__，判断依据是 __**无喷粪为显性时，子代喷粪性状分离**__。

（2） 若控制有喷粪/无喷粪性状的基因位于常染色体上，请用上表中杂交子代维尼为材料设计一个杂交实验来确定无眼性状的显隐性（要求：写出杂交组合和预期结果）。

（3） 若控制有喷粪/无喷粪性状的基因位于 4 号染色体上，用扛 200 斤麦子不换肩有喷粪纯合体和扛 100 斤麦子换肩无喷粪纯合体维尼杂交，F1 相互交配后，F2 中雌雄均有 __**8**__ 种表现型，其中扛 200 斤麦子换肩无喷粪所占比例为 3/64 时，则说明无喷粪性状为 __**隐性**__ （填”显性”或”隐性”）。

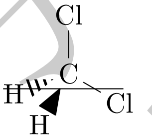
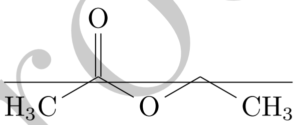
解:

1. 两亲本分别为无喷粪和有喷粪，且子代中有喷粪: 无喷粪 =1:1，且与性别无关联，不能判断控制有无喷粪性状的基因是位于 X 染色体还是常染色体上。若控制有无喷粪性状的基因位于 X 染色体上，且有喷粪为显性（用基因 E 表示），则亲本基因型分别为 XeXe 和 XEY，子代的基因型为 XEXe 和 XeY，表现为有喷粪为雌性，无喷粪为雄性，子代雌雄个体中没有同时出现有喷粪与无喷粪的性状，因此显性性状是无喷粪。

2. 要通过实验来确定无喷粪性状在常染色体上的显隐性，最简单的方法是选择表中杂交子代中雌雄个体均为无喷粪的性状进行杂交实验，若无喷粪为显性性状，则表中杂交子代中无喷粪雌雄个体均为杂合子，则该杂交子代中无喷粪: 有喷粪 =3:1；若无喷粪为隐性性状，则表中杂交子代中无喷粪雌雄个体均为隐性纯合子，则该杂交子代全部为无喷粪。

3. 根据表格各表现型的比例，假设显性性状为扛 200 斤麦子（用基因 A 表示）和不换肩（用基因 B 表示），有喷粪和无喷粪不能确定显隐性关系（用基因 C 或 c 表示），扛 200 斤麦子不换肩有喷粪纯合体和扛 100 斤麦子换肩无喷粪纯合体的基因型可写为 AABB 和 aabb，可推出 F1 的基因型为 AaBbCc，F1 个体间相互交配，F2 的表现型为 2×2×2=8 种。F2 中扛 100 斤麦子（Aa×Aa=1/4）不换肩（Bb×Bb=3/4）无喷粪所占比例为 3/64 时，可知无喷粪所占比例为 1/4，则无喷粪为隐性性状。

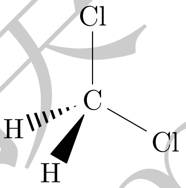
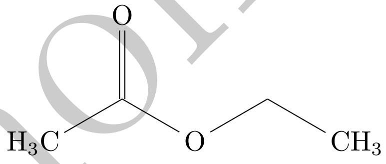
26. （12 分） 咖啡具有兴奋和续命的作用，通常使用二氯甲烷或乙酸乙酯从生咖啡豆中萃取咖啡因。

（1） 画出二氯甲烷和乙酸乙酯的结构式:  。

（2） 实验中先加热生咖啡豆，然后用索氏提取器萃取，不用分液漏斗的原因是 **充分萃取避免浪费** 。

（3） 请设计实验装置并写出具体的实验步骤。

解:

1.  

   二氯甲烷　　乙酸乙酯

2. 分液漏斗只能萃取一次，而索氏提取器可以重复多次萃取。

3. 生咖啡豆 —索氏提取→ 提取液 —蒸馏浓缩→ 浓缩液 —生石灰→ 粉状物 —分离提纯→ 咖啡因

27. （15 分） 一辆质量为 $m_1 = 2.5t$、初始速度为 $v_0 = 3m/s$ 的红色法拉利，从高 1km 的山上自由滑行下坡（可视为光滑斜面上的自由落体运动），假设没有其他车辆或路障阻挡，已知山路斜率约为 0.364，山路平直无弯道。

（1） 若不计摩擦力，重力加速度 g 取 $10m/s^2$，则法拉利的加速度为 **3.42m/s** 。

（2） 若质量 $m_2 = 100kg$ 的习近平在山路尽头试图阻挡，求法拉利撞倒他时的瞬时速度和动量。

座位号 线 准考证号 封 姓名 班级 密 学校

（3） 若法拉利在撞倒习近平后并未刹车停下，推着他继续前进，假设两者均未发生形变，此时法拉利的加速度为 $-2m/s^2$，求碰撞后两者的运动速度、停下来所需的时间以及运动距离。

解:

1. 光滑斜面加速下滑的加速度为 $a = g\sin\theta$。山坡斜率为 0.364，则与地面的夹角 θ 为 20○，代入可得 $a = 10 * \sin 20° \approx 3.42m/s^2$。
2. 山坡长度为 $1000/\sin 20° \approx 2923.80m$，根据匀变速直线运动位移与速度关系公式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$。得 $v = \sqrt{v_0^2 + 2ax}$，则法拉利的瞬时速度为 $v = \sqrt{3^2 + 2 * 6.42 * 2923.8} \approx 141.45m/s$，动能为 $p = mv = 2500 * 141.45 = 353625kg \cdot m/s$。
3. 非弹性碰撞的速度公式为 $v_f = \frac{m_1 v_{1,i} + m_2 v_{2,i}}{m_1 + m_2}$，代入公式得 $v_f = \frac{2500*141.45+100*0}{2500+100} = 136m/s$。根据 $v = v_0 + at$，得 $t = \frac{v - v_0}{a} = -136/-2 = 68s$，$x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = -136^2/(2*-2) = 4624m$。

28. （15 分） 同步加速器是高能物理中常用的装置，在粒子物理研究中有重要的应用，是科学家研究宇宙起源的重要工具。其基本原理简化为如图所示的模型。M、N 为两块中心开有小孔的平行金属板。质量为 m、电荷量为 +q 的粒子 A（不计重力）从 M 板小孔飘入板间，初速度可视为零，每当 A 进入板间，两板的电势差变为 U，粒子得到加速，当 A 离开 N 板时，两板的电荷量均立即变为零。两板外部存在垂直纸面向里的匀强磁场，A 在磁场作用下做半径为 r 的圆周运动，R 远大于板间距离，A 经电场多次加速，动能不断增大，为使 R 保持不变，磁场必须相应地变化。不计粒子加速时间及其做圆周运动产生的电磁辐射，不考虑磁场变化对粒子速度的影响及相对论效应。

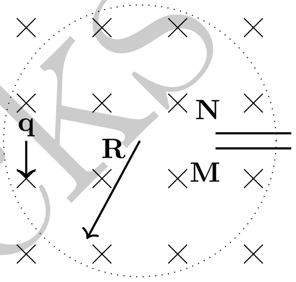


图 2: 同步加速器

（1） 粒子 A 运动 10 周时的电动势为 $\underline{\frac{mv^2}{20q}}$，磁感应强度为 $\underline{\frac{mv}{10Rq}}$。

（2） 当粒子 A 加速到接近光速时，A 的动能为 $\underline{mc^2}$。

（3） 若另一种粒子 B 的质量为粒子 A 的一半，电荷量为 A 的两倍，初速度同样为零，其他条件相同，B 的周期为 $\underline{\frac{\pi m}{2qB}}$。若 A 的周期为 T，则 B 的周期是 A 的 $\underline{\frac{1}{4}}$ 倍。

解:

1. 根据动能定理，$nqU = \frac{1}{2}mv^2 - 0$，其中 $n = 10$，则电动势为 $U = \frac{mv^2}{20q}$。根据洛伦兹力公式得 $qvB = m\frac{v^2}{R}$，第 10 周的磁感应强度为 $B = \frac{mv}{10Rq}$。
2. 当粒子 A 加速到接近光速时，必须考虑到相对论的影响，因此粒子 A 的动能为 $E = mc^2$。
3. 若粒子 A 的周期为 T，由 $R = \frac{2\pi m}{2qB}$，则质量为 $\frac{1}{2}m$，电荷量为 $2q$ 的粒子 B 的周期为 $\frac{\pi m}{2qB} = \frac{T}{4}$。

29. （12 分） 以硅为代表的半导体材料在微电子技术中应用广泛。回答下列问题:

（1） 提纯硅先用Cl_2 在 460℃ 反应，蒸馏后再用H_2 在 1100℃ 的高温下还原。写出这个过程的化学方程式：$\underline{\mathbf{Si + 2\,Cl_2 \xrightarrow{460°C} SiCl_4}}$ $\underline{\mathbf{SiCl_4 + 2\,H_2 \xrightarrow{1100°C} Si + 4\,HCl}}$。

（2） 写出$SiCl_4$ 的电子式：

Cl
Cl:S̈i:Cl
Cl

。

mohu.rocks

（3） $\mathrm{SiHCl_3}$ 是多晶硅的原料，也可生成$\mathrm{SiCl_4}$，化学方程式为$4\,\mathrm{SiHCl_3} ==$ 催化剂 $\mathrm{SiH_4} + 3\,\mathrm{SiCl_4}$，该反应属于 **歧化反应**。

> **解：**
>
> 第 3 问填氧化还原反应也可给分。

30. （12 分） 阅读以下文章，回答问题：

生物课上，同学们带了解剖课需要的小动物。上课铃打响了，小民气喘吁吁地跑到了教室门口。

“都打铃了才进来，你动物呢？”老师很不满意。

“在这里，”小民伸出手给老师看自己的小动物，“刚刚抓的。”那只小动物看上去有点生气。

老师看也不看一眼。“你知不知道，你迟到了一秒，就是在浪费全班同学的时间，你浪费了四十多秒！”

“老师你有病吗？是人都知道每个人的时间是平行流动的，不能纵向叠加的。”小民有点生气，稍有常识的人都知道这种事，然而老师却在这样冤枉他。

“你居然敢对老师不礼貌？”老师更生气，提高了自己的音量，“你就临时抓一个这么丑的东西来上我的解剖课你还有理？”

“抱歉，容我说几句。”小民手里的小动物发话了，“他这么赶肯定是有原因的。你不能见得风是的雨，你们这些年轻老师啊都是靡靡之音。”它停顿了一下，“但是这位同学居然抓我来上解剖课，I am angry！”

老师和小民愣住了，看了看那只小动物。

“关于每个人的时间平行流动的问题，我想说其实时间是可以转移后纵向叠加的。给你们见识一下。”

顷刻间，教室里的钟转得飞快，教学器材迅速生锈腐蚀。一阵轰隆隆的声音过后，一切重归平静。

“我今天算是得罪了你们一下。”那只小动物跳走了，只剩下满头白发的同学们在原地面面相觑，而台上的老师早已苍老无比，毫无生机地躺在地上。

（1） 这只小动物最有可能是 **蟾蜍**，它在食物链中属于第 三 营养级的 **次级** 消费者。

（2） 按照科学分类法，这只小动物属于 **动物界，脊索动物门，两栖纲，无尾目，蟾蜍科**（填写完整的分类）。

（3） 这只小动物使周围环境迅速变化，而蚍却岿（音 kui）然不动，从物理角度来看，这说明 **蚍跑得不知快到哪里去了，蚍的时间相对其他人是静止的**。

> **解：**
>
> 1. 黑眶蟾蜍或华莱士飞蛙，填写蛤蟆或青蛙也可给分。
> 2. 略。
> 3. 从相对论的角度回答均给分。

31. （10 分） 根据洛伦兹变换，$t' = \frac{t-\frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$，其中 c 为光速，v 为惯性坐标系 s‘相对于惯性坐标系 s 的运动速度，t’为 s‘坐标系的时间，t 为 s 坐标系的时间，则 $\Delta t' = \frac{\Delta t}{1-\frac{v^2}{c^2}}$。

现有一香港记者高速跑动中，若长者相对地面静止，长者所在的坐标系时间经过 60 秒，对应香港记者观测的时间经过 59 秒，求香港记者的速度。

座位号＿＿＿＿ 准考证号＿＿＿＿ 姓名＿＿＿＿ 班级＿＿＿＿ 学校＿＿＿＿

线　封　密

> **解:**
>
> 设香港记者所在的坐标系为 s，长者所在的坐标系为 s'，根据上面的变换公式有 $60=\frac{59}{1-\frac{v^2}{c^2}}$，则 $\frac{59}{60}=1-\frac{v^2}{c^2}$，$v=\sqrt{\frac{c^2}{60}}=\sqrt{\frac{9.0*10^{16}}{60}}\approx 3.87*10^7 m/s$。

32. （12 分） 如图，假设任意一个星形的五个三角形外接圆交于五点，求证：这五点共圆。

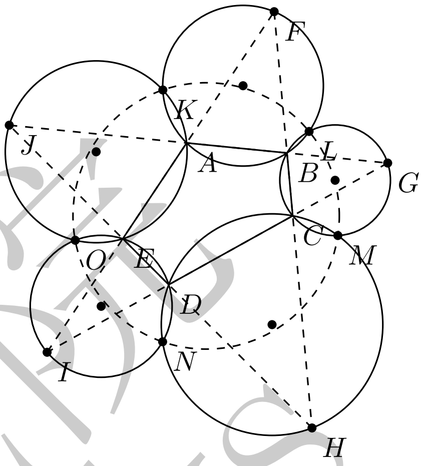


图 3: 五点共圆

> **解:**
>
> 连接 CN、HN、KN、IN、MN、MG、ML、LF、LK、KA，
>
> $\because \angle ACN+\angle AIN=\angle NHD+\angle AIN=\angle NID+\angle AIN=180^\circ$ $\therefore$ A、I、N、C 四点共圆，
>
> 同理 A、K、I、C 四点共圆从而 A、C、N、K 四点共圆，
>
> $\therefore \angle GMN=\angle GCN=\angle ACN=180^\circ-\angle AKN$，又 $\angle LMG=180^\circ-\angle LFG=\angle LFA=\angle LKA$，
>
> $\therefore \angle LMN=\angle LMG+\angle GHN=\angle LKA+(180^\circ-\angle AKN)$，
>
> $\therefore \angle LMN+\angle LKN=\angle LKA+(180^\circ-\angle AKN)+\angle LKN=180^\circ$ 故 K、L、M、N 四点共圆，
>
> 同理可证 O、L、M、N 四点共圆，
>
> $\therefore$ K、O、N、M、L 五点共圆证毕。■

（二） 选考题：共 45 分，请考生从 2 道物理题、2 道化学题、2 道生物题中每科任选一题作答。如果多做，则每科按所做的第一题计分。

33. [物理——选修 3-3] （15 分）

某天梁家河村里的沼气池堵塞了，村民请在村里劳动的小平排查问题，疏通沼气池。

（1） 沼气池堵塞前，若沼气池的容积为 $89m^3$，此时沼气池内温度为 25℃，压强等于一个标准大气压，把沼气当作理想气体，此时的气体常量 C 为 **0.299** 。

（2） 小平发现沼气池两边的水位在涨，但就是不见气出。在这个过程中，沼气的体积变化是 **不变** （填"升高"、"降低"或"不变"）。

（3） 这时沼气灶上冒出一尺高的火焰，若此时沼气池内温度为 89℃，忽略沼气燃烧过程的体积变化，求小平突开沼气池时沼气的压强。

（4） 导气管一突开溅得小平满脸喷粪，若导气管高度为 1m，与地面夹角为 60°，已知粪便的初始速度 $v_0=4m/s$，重力加速度 g 取 $10m/s^2$，忽略空气阻力，求粪便的最高点和最大喷射距离。

解:

1. 沼气池的温度为 $30 + 273 = 303K$，根据理想气体的状态方程 $C = \frac{pV}{T}$，气体常量 $C = \frac{1*89}{298} \approx 0.299$。
2. 在密封系统中，一定质量的气体，压强和温度成正比，气体的体积不变，即气体的等容变化。
3. 理想等容气体在标准状态下，若在标准状态（25℃）下的气体的体积为 p_1，压强为 T_1，89℃下气体的体积为 p_2，压强为 T_2，则有 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$，$p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{1.01*(89+273)}{(25+273)} \approx 1.23KPa$。
4. 对于斜抛运动，粪便的最高点为 $h = \frac{v_0^2 \sin\theta^2}{2g} = \frac{4^2*\frac{3}{4}}{2*10} = 0.6$，加上初始高度 1m，总高度为 1.6m；最远距离 $s = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g} = \frac{4^2*\frac{\sqrt{3}}{2}}{10} \approx 1.386m$，把粪便到达最高点后的运动路径当作平抛运动，水平速度 $v = v_0 * \cos\theta = 4 * 0.5 = 2m/s$，时间 $t = \sqrt{\frac{2s}{g}} \approx 0.566s$，总位移 $s = 1.386/2 + 0.566 * 2 = 1.82m$。

34. [物理——选修 3-4]　（15 分）

某业余电台 A 的业余无线电爱好小组利用自制装置发射和接收无效电信号，下图是经过简化的发射器核心电路图。

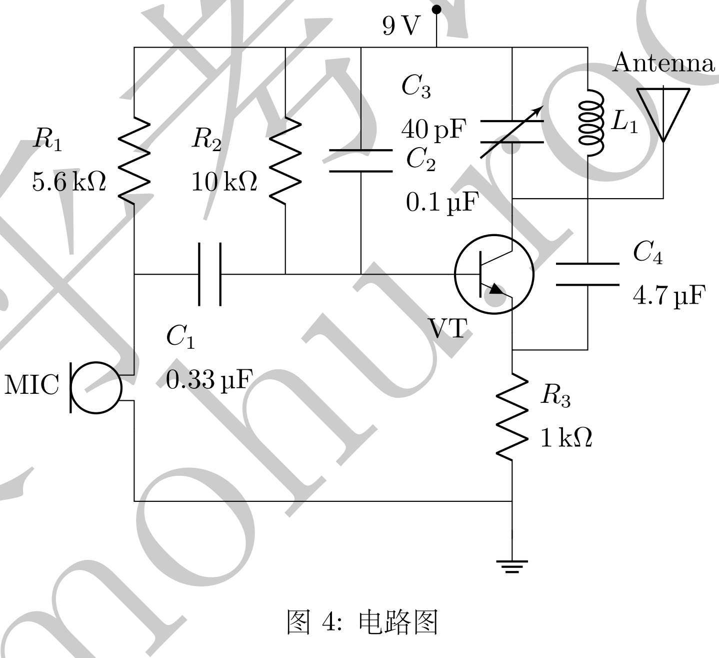


图 4: 电路图

（1） 此装置发射的电磁波信号如图所示，该电磁波是 __**调频**__ （填“调幅”或“调频”）信号，若波长为 3.346m，则其频率为 __**89.64MHz**__，属于 __**短波**__ 波段。

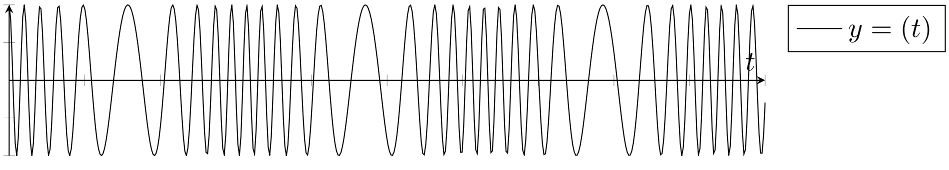


图 5: 波形图

（2） 图中电容器 C1 的作用是 __**储存电能**__，电感器 L1 的作用是 __**调谐**__，三极管 VT 属于 __**晶体管**__，

它的作用是 **开关作用**。

（3） 电阻 R1、R2、R3 的等效电阻为 **782Ω**，电容器 C1、C2、C3、C4 的等效电容为 **4.7μF**。

（4） 若该小组与某业余电台的距离为 81.7km，电台 B 收到信号立即回应，不计对方回复用时，则电台 A 从发射信号到收到对方回应信号所需时间为 $5.45 * 10^{-4}$**s**。

解:

1. 频率随时间变化的电磁波是调频（FM）信号，其频率为 $3.0 * 10^8/3.346 \approx 89.64MHz$，属于 VHF 短波波段。

2. 电容器是储存电能的装置；电感在这里起到调整发射频率的作用；三极管是一种晶体管，它在这里起到开关作用。

3. 电阻 R1 与 R2 并联，且都与 R3 串联，$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{5600} + \frac{1}{10000} + \frac{1}{1000} = \frac{179}{140000}$，则 R1、R2、R3 的等效电阻为 $R = 140000/179 \approx 782\Omega$；由于电容器 C1 与 C2 并联再与可调电容 C3 串联，C4 与它们并联，则电容器 C1、C2、C3、C4 的等效电容为 $C = \frac{1}{\frac{1}{C_1+C_2}+\frac{1}{C_3}} + C_4 = \frac{1}{\frac{1}{0.33+0.1}+\frac{1}{4.0*10^{-5}}} + 4.7 \approx 4.7\mu F$。

4. 光在空气中的传播速度约为 $3 * 10^5 km/s$，电磁波往返的传输时间为 $8.17 * 2/(3 * 10^5) \approx 5.45 * 10^{-4}s$。

35. [化学——选修 3：物质结构与性质] （15 分）

铪（Hf）最外层电子，能量水平很高，比其它电子不知道高到哪里去了！经常处于“excited 态”，而能量越高，速度越快，这有一个好，就是跑得比其它电子都要快。根据不确定性原理，速度越快空间不确定性越大。但一个电子的轨道，要做到能量最低，还要考虑泡利不相容原理，所以原来的轨道也实在不是谦虚，就另请高明，重新杂化吧。这个 +1s 的的过程也被称为“安轨”。

（1） 基态 Hf 原子的核外电子排布为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^2 6s^2$。

（2） 铪的金属晶体的堆积模型属于 **hcp**。

（3） 在元素周期表中，与铪同族的元素有 **Ti**、**Zr** 和 Rf。

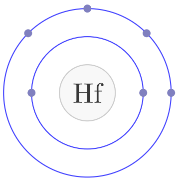
（4） 工业上分离铪一般用镁在 1100℃ 置换 $HfCl_4$。其化学方程式为

$\mathbf{HfCl_4 + 2\,Mg \xlongequal{1100^\circ C} 2\,MgCl_2 + Hf}$，$HfCl_4$ 的中心原子的杂化形式为 sp^3d^2。

（5） 铪酸锶（$SrHfO_3$）和氮化铪锶（$SrHfN_2$）是两种无中生有的化合物，它们的晶体中有以下化学键 **ABC** （填编号）。

A. 离子键 **B. σ 键** **C. π 键** D. 氢键

解:

1. 

2. 铪 (Hf) 的晶体是六方晶体，属于镁型（hcp）。

3. Hf 的同族元素有钛（Ti）、锆（Zr）。

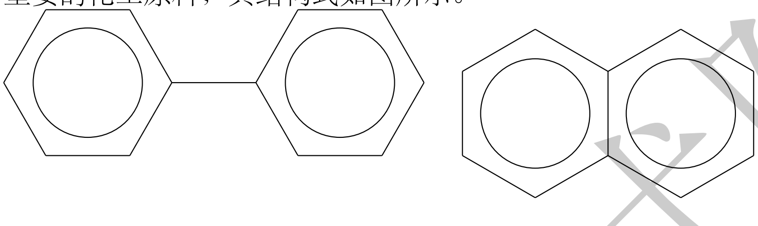
座位号 准考证号 姓名 班级 学校 线 封 密

4. $HfCl_4 + 2\,Mg \xlongequal{1100^\circ C} 2\,MgCl_2 + Hf$
   注意：虽然同族的$TiCl_4$ 的分子是四面体结构（sd^3 杂化），但$HfCl_4$ 的分子是八面体结构（sp^3d^2 杂化），分子之间共享其中两个氯原子。

5. 这两个物质的结构很复杂，$SrHfO_3$ 是钙钛矿结构，有离子键，它们不会形成单键，因此有 σ 键和 π 键。

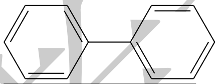
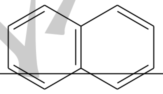
36. [化学——选修 5：有机化学基础]　（15 分）

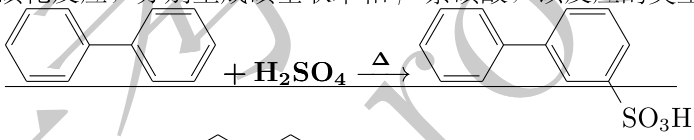
多环芳香烃是分子中含有两个或更多苯环的芳香族化合物。最简单的多环芳香烃是联苯和萘，都是重要的化工原料，其结构式如图所示。

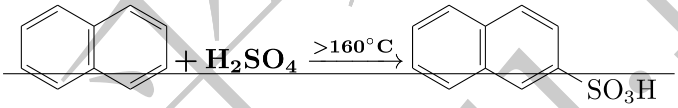


联苯 (Biphenyl)　　　　萘 (Naphthalene)

（1） 萘过去用于制造樟脑丸，它属于 __**稠环**__ 芳香烃。

（2） 画出联苯和萘的结构式： 。

（3） 联苯和萘均可发生磺化反应，分别生成磺基联苯和 β-萘磺酸，该反应的类型为 __**取代反应**__，反应的化学方程式为 

。

（4） 磺基联苯和 β-萘磺酸的官能团是 __$\mathbf{-SO_3H}$__。

37. [生物——选修 1：生物技术实践]　（15 分）

腐乳是一种发酵食品，一般使用毛霉来制作腐乳。

（1） 腌制腐乳时，要考虑到的物理因素有 __**温度**__、__**湿度**__ 和 __**时间**__。

（2） 腌制腐乳时，越高的豆腐层撒盐越多，原因是 __**防止外来微生物污染**__。如果用胡椒代替盐，结果是 __**撒胡椒面**__。

（3） 在卤汤里面加入酒的目的是 __**调味、抑制微生物**__，卤汤里面还要加入一些香料调味，如胡椒、姜等。

（4） 除腐乳外，常见的发酵食品还有 __**纳豆**__、__**泡菜**__ 等。

38. [生物——选修 3：现代生物科技专题]　（15 分）

沼气工程是前景广阔的生态工程，沼气是一种清洁能源。

（1） 沼气工程的原料和产品有 __**粪便**__、__**秸秆**__ 和 __**肥料**__（任意写出三种）。

（2） 沼气是碳循环的其中一环，沼气燃烧完成碳循环的途径是 __**生物体燃烧产生$\mathbf{CO_2}$ 排放到大气中**__。

（3） 随着农业现代化的发展，液化气和天然气逐渐取代了沼气池。结合生态工程和能源等方面，请简单分析利弊。

（4） 除了沼气工程，农村还有哪些值得一提的生态工程？它们各自发挥着什么作用？

解:

1. 沼气池的原料主要是粪便，粪便和燃烧后的秸秆可做肥料，秸秆加工后可做动物饲料。
2. 碳循环的途径是生物体有机物 → 燃烧产生CO_2→ 大气中的CO_2 库 → 植物光合作用固定 → 动物呼吸。
3. 液化气和天然气使用方便，但化石燃料是不可再生能源，动物粪便等废物不能得到有效利用。
4. 三北防护林退耕还林，防治沙漠化；湿地生态恢复蓄洪防旱、调节气候。

膜乎考试院 mohu.rocks